

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-143243
 (43)Date of publication of application : 16.05.2003

(51)Int.Cl.

H04L 27/00
 H04B 1/40
 H04L 1/00
 H04L 27/14
 H04L 27/22
 H04L 27/38

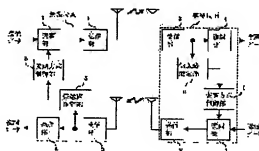
(21)Application number : 2001-338942 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP
 (22)Date of filing : 05.11.2001 (72)Inventor : ASAHARA TAKASHI
 KOJIMA TOSHIHARU

(54) MODULATION SYSTEM IDENTIFICATION CIRCUIT, RECEIVER PROVIDED WITH THE SAME, WIRELESS STATION, AND MODULATION SYSTEM IDENTIFICATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a modulation system identification circuit capable of obtaining high identification accuracy even when a state of a transmission line between wireless stations is unknown, and to provide a receiver provided with the same, a wireless station, and a modulation system identification method.

SOLUTION: The modulation system identification circuit of this invention is provided with: a reception signal conversion means that receives a reception signal modulated by any modulation system among plurality of predetermined modulation systems and converts the received signal into an orthogonal signal expressed on an orthogonal coordinate; a likelihood calculation means that respectively calculates a likelihood of each modulation system by a prescribed method on the basis of a likelihood system calculation signal value with respect to each signal point determined in advance based on each constellation of a plurality of the modulation systems and of the orthogonal signal; and an identification discrimination means that identifies the modulation system of the received signal on the basis of a plurality of likelihoods.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.10.2004
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-143243

(P2003-143243A)

(43) 公開日 平成15年5月16日 (2003.5.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 4 L 27/00		H 0 4 B 1/40	5 K 0 0 4
H 0 4 B 1/40		H 0 4 L 1/00	E 5 K 0 1 1
H 0 4 L 1/00		27/00	A 5 K 0 1 4
27/14			G
27/22			Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-338942 (P2001-338942)

(22) 出願日 平成13年11月5日 (2001.11.5)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 浅原 隆

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 小島 年春

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外1名)

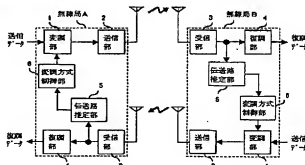
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変調方式識別回路、これを備えた受信装置、無線局、及び変調方式識別方法

(57) 【要約】

【課題】 無線局間の伝送路状況が未知であっても高い識別精度を得ることができる変調方式識別回路、これを備えた受信装置、無線局、及び変調方式識別方法を得る。

【解決手段】 予め定められた複数の変調方式のうち、何れかの変調方式で変調された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上で表現された直交信号に変換する受信信号変換手段と、複数の変調方式各々のコンスタレーションに基づいて予め決定された各信号点各々に関する尤度計算用信号値、及び前記直交信号に基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する尤度計算手段と、前記複数の尤度に基づいて前記受信信号の変調方式を識別する識別判定手段とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 予め定められた複数の変調方式のうち、何れかの変調方式で変調された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上で表現された直交信号に変換する受信信号変換手段と、

前記直交信号及び前記複数の変調方式の各信号点の直交座標上の配置（以下、コンスタレーションと呼ぶ）に基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する尤度計算手段と、

前記複数の尤度に基づいて前記受信信号の変調方式を識別する識別判定手段とを備えたことを特徴とする変調方式識別回路。

【請求項 2】 尤度計算手段は、複数の変調方式各々のコンスタレーションに基づいて予め決定された各信号点各々に関する尤度計算用信号値と、直交信号とに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する構成とされたことを特徴とする、請求項 1 記載の変調方式識別回路。

【請求項 3】 尤度計算手段は、複数の変調方式の各信号点と、直交信号との信号点間距離を算出し、当該信号点間距離に基づいて各変調方式の尤度をそれぞれ算出する構成とされたことを特徴とする、請求項 1 記載の変調方式識別回路。

【請求項 4】 識別判定手段は、前記複数の変調方式それぞれに対応する複数の判定値であって、受信信号の変調方式に対応する判定値が最大となるものを、各変調方式の尤度に基づいて所定の方法により算出し、前記最大の判定値に対応する変調方式を識別結果として出力する構成とされたことを特徴とする、請求項 1 ないし 3 の何れかに記載の変調方式識別回路。

【請求項 5】 各変調方式の尤度を所定の観測シンボル数に亘って累積加算し、尤度の累積加算値を識別判定手段に出力する累積加算手段をさらに備えたことを特徴とする、請求項 1 ないし 4 の何れかに記載の変調方式識別回路。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 の何れかに記載の変調方式識別回路と、
該変調方式識別回路の識別結果に基づいて受信信号の復調処理を行い復調データを出力する復調器とを備えたことを特徴とする受信装置。

【請求項 7】 受信信号から伝送路状況を推定する伝送路推定手段と、
推定された伝送路状況に応じた変調方式の選択を行う変調方式制御手段と、

該変調方式制御手段によって選択された所定の変調方式に従って送信データを変調処理し、変調信号を送信する変調手段とを備えた、送信装置と、

請求項 6 に記載の受信装置とを備えたことを特徴とする無線局。

【請求項 8】 予め定められた複数の変調方式のうち、

何れかの変調方式で変調された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上で表現された直交信号に変換する受信信号変換工程と、

前記直交信号及び前記複数の変調方式のコンスタレーションに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する尤度計算工程と、

前記複数の尤度に基づいて前記受信信号の変調方式を識別する識別判定工程とを備えたことを特徴とする変調方式識別方法。

10 【請求項 9】 尤度計算工程は、複数の変調方式各々のコンスタレーションに基づいて予め決定された各信号点各々に関する尤度計算用信号値と、直交信号とに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出することを特徴とする、請求項 8 記載の変調方式識別方法。

【請求項 10】 尤度計算工程は、複数の変調方式の各信号点と、直交信号との信号点間距離を算出し、当該信号点間距離に基づいて各変調方式の尤度をそれぞれ算出することを特徴とする、請求項 8 記載の変調方式識別方法。

20 【請求項 11】 識別判定工程は、前記複数の変調方式それぞれに対応する複数の判定値であって、受信信号の変調方式に対応する判定値が最大となるものを、各変調方式の尤度に基づいて所定の方法により算出し、前記最大の判定値に対応する変調方式を識別結果として出力することを特徴とする、請求項 8 ないし 10 の何れかに記載の変調方式識別方法。

【請求項 12】 各変調方式の尤度を所定の観測シンボル数に亘って累積加算し、尤度の累積加算値を識別判定工程に出力する累積加算工程をさらに備えたことを特徴とする、請求項 8 ないし 11 の何れかに記載の変調方式識別回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線通信システムの無線局における信号処理に関するものであり、特に、受信信号に基づいて未知の変調方式を識別する変調方式識別回路、これを備えた受信装置、無線局、及び変調方式識別方法に関する。

【0002】

40 【従来の技術】近年、通信方式が異なる多種・多様な無線通信システムが混在する環境下において、一局の無線局で多数の通信方式に対応可能とする通信技術として、従来ハードウェアで行われていた無線信号処理機能をソフトウェアによって実現するソフトウェア無線技術（SDR：Software Defined Radio）が注目を浴びている。ソフトウェア無線技術は、DSP（Digital Signal Processor）やFPGA（Field Programmable Gate Array）等のプログラマブルで更新可能な信号処理デバイスを用い、無線信号処理機能をソフトウェアによって実現

するものであり、単一のハードウェア構成でも複数の通信システムに対応できるマルチモード通信や、通信環境の変化に応じて最適な通信システムを自動選択し無線信号処理機能を最適化する環境適応通信、伝送路状況に応じて伝送品質やスループットの向上を実現する適応変復調通信などが実現可能となる。

【0003】このような環境適応通信や適応変復調を実現するための要素技術の一つとして、受信信号に基づいて未知の変調方式を特定する変調方式識別技術の検討が行われている。以下で、例えば「最近傍決定法による変調信号自動識別技術」(吉岡他、電子情報通信学会論文誌(B), Vol. J84-B, No. 7, pp. 1176-1186(2001年7月))に開示された、従来の変調方式識別技術について説明する。

【0004】前記従来の変調信号自動識別技術では、まず受信側の無線局が受信信号に基づいて瞬時振幅値の標準偏差と、所定数の連続シンボル時間の位相差分の分散とを算出する。次に当該無線局は、当該瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散に基づいて、以下に示す最近傍決定法による変調方式の識別処理を行う。

【0005】最近傍決定法では、各変調方式における前記瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散の代表的な数値範囲を各変調方式のプロトタイプとして受信側の無線局に予め記憶しておく。例えば前述の従来技術では、図13に示すように、推定対象となる受信信号の各変調方式(BPSK、QPSK、 $\pi/4$ QPSK、GMSK、16QAM)に各々対応した、瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散のプロトタイプが、予め計算機シミュレーションや予備実験などにより算出され、各変調方式のプロトタイプが予め受信側の無線局に記憶されている。

【0006】受信側の無線局において、変調方式が未知の受信信号が入力され、当該受信信号に関する瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散が算出されると、該無線局は算出された瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散と、各プロトタイプとの誤差距離をそれぞれ算出し、当該誤差距離が最小となるプロトタイプに対応する変調方式を識別結果として出力する。

【0007】
【発明が解決しようとする課題】前記従来の変調方式識別回路では、変調方式識別処理のために、計算機シミュレーションや予備実験などを行い、各変調方式のプロトタイプを予め受信側の無線局に記憶しておく必要がある。しかし実際の無線通信では、ガス通信路やフェージング通信路等というように通信環境に応じて受信信号の特徴量変動する。したがって、予め計算機シミュレーション等で用いられた伝送路状況と、実際の無線局間の伝送路状況とが相違している場合には、変調方式の識別精度が低下するといった課題があった。

【0008】このような課題を解決するために、従来で

は複数の伝送路状況について予め計算機シミュレーション等を行い、各変調方式について複数の伝送路状況に応じた複数のプロトタイプをそれぞれ準備しておくといった方法がとられるが、このような方法では無線局の記憶容量が増大するとともに、受信信号を元に算出された瞬時振幅値の標準偏差及び位相差分の分散と各プロトタイプとの誤差距離算出、これらを比較識別する演算処理負荷が増大するといった課題があった。

【0009】本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、実際の無線局間の伝送路状況が未知であっても高い識別精度を得ることができる変調方式識別回路、これを備えた受信装置、無線局、及び変調方式識別方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決し目的を達成するために、本発明に係る変調方式識別回路は、予め定められた複数の変調方式のうち、何れかの変調方式で変調された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上で表現された直交信号に変換する受信信号変換手段と、前記直交信号及び前記複数の変調方式のコンステレーションに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する尤度計算手段と、前記複数の尤度に基づいて前記受信信号の変調方式を識別する識別判定手段とを備える。

【0011】次の発明に係る変調方式識別回路において、尤度計算手段は、複数の変調方式各々のコンステレーションに基づいて予め決定された各信号点各々に関する尤度計算用信号値と、直交信号とに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する構成とされる。

【0012】次の発明に係る変調方式識別回路において、尤度計算手段は、複数の変調方式の各信号点と、直交信号との信号点間距離を算出し、当該信号点間距離に基づいて各変調方式の尤度をそれぞれ算出する構成とされる。

【0013】次の発明に係る変調方式識別回路において、識別判定手段は、前記複数の変調方式それぞれに対応する複数の判定値であって、受信信号の変調方式に対応する判定値が最大となるものを、各変調方式の尤度に基づいて所定の方法により算出し、前記最大の判定値に対応する変調方式を識別結果として出力する構成とされる。

【0014】次の発明に係る変調方式識別回路は、各変調方式の尤度を所定の観測シンボル数に亘って累積加算し、尤度の累積加算値を識別判定手段に出力する累積加算手段をさらに備える。

【0015】次の発明に係る受信装置は、前記段落【0010】ないし【0014】の何れかに記載の変調方式識別回路と、該変調方式識別回路の識別結果に基づいて受信信号の復調処理を行い復調データを出力する復調器

とを備える。

【0016】次の発明に係る無線局は、受信信号から伝送路状況を推定する伝送路推定手段と、推定された伝送路状況に応じた変調方式の選択を行う変調方式制御手段と、該変調方式制御手段によって選択された所定の変調方式に従って送信データを変調処理し、変調信号を送信する変調手段とを備えた送信装置と、前記段落【0015】に記載の受信装置とを備える。

【0017】次の発明に係る変調方式識別方法は、予め定められた複数の変調方式のうち、何れかの変調方式で変調された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上で表現された直交信号に変換する受信信号変換工程と、前記直交信号及び前記複数の変調方式のコンスタレーションに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する尤度計算工程と、前記複数の尤度に基づいて前記受信信号の変調方式を識別する識別判定工程とを備える。

【0018】次の発明に係る変調方式識別方法において、尤度計算工程は、複数の変調方式各々のコンスタレーションに基づいて、予め決定された各信号点から算出する尤度計算用信号値と、直交信号とに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する。

【0019】次の発明に係る変調方式識別方法において、尤度計算工程は、複数の変調方式の各信号点と、直交信号との信号点間距離を算出し、当該信号点間距離に基づいて各変調方式の尤度をそれぞれ算出する。

【0020】次の発明に係る変調方式識別方法において、識別判定工程は、前記複数の変調方式それぞれに対応する複数の判定値であって、受信信号の変調方式に対応する判定値が最大となるものを、各変調方式の尤度に基づいて所定の方法により算出し、前記最大の判定値に対応する変調方式を識別結果として出力する。

【0021】次の発明に係る変調方式識別方法は、各変調方式の尤度を所定の観測シンボル数に亘って累積加算し、尤度の累積加算値を識別判定工程に出力する累積加算工程をさらに備える。

【0022】

【発明の実施の形態】実施の形態 1. 図 1 は、本実施の形態 1 の無線局及び通信システムの構成図である。図 1 において、1 は送信データを所定の変調方式により変調処理する変調部、2 は変調処理された送信データを無線信号に変換して送信する送信部、3 は無線信号を受信する受信部、4 は受信部 3 で受信された受信信号を所定の復調方式により復調処理して復調データを入力する復調部、5 は受信信号を基に伝送路状況を推定する伝送路推定部、6 は無線信号の変調方式を制御する変調方式制御部である。

【0023】以下で、前記の通り構成される通信システム A の各無線局 A、B の動作について説明する。まず無線局 A の受信部 3 は、無線局 B の送信部 2 から送信された

無線信号を受信し、当該無線信号の信号電力の増幅処理や周波数変換処理等を行い、後段の信号処理に適した受信信号に変換する。次に復調部 4 は、前記受信部 3 から出力された受信信号を入力し、変調方式の識別を行うとともに、当該識別された変調方式により当該受信信号を復調処理し、復調データを入力する。

【0024】図 2 は、前記復調部 4 の構成図である。図 2 において、10 はの変調方式を識別する変調方式識別回路、11 は受信信号の伝送速度を推定する伝送速度推定回路、12 は変調方式識別回路 10 の識別結果に対応する復調方式で前記受信信号の復調処理する復調処理回路である。また、20 は受信信号から所望の周波数成分を濾波する低域通過フィルタ部（以下、LPF 部）、21 は前記 LPF 部の出力信号に基づいて当該信号のビットタイミングを再生する BTR 部、22 は受信信号を周波数補正制御する自動周波数制御部（以下、AFC 部）、23 は当該受信信号の搬送波を再生する搬送波再生部（以下、CR 部）、24 は CR 部 23 で再生された再生搬送波に基づき受信信号の判定処理を行って復調データを生成する判定部である。

【0025】次に、復調部 4 の動作について説明する。まず伝送速度推定回路 11 は、当該復調部 4 に入力された受信信号の伝送速度をフーリエ変換処理して周波数スペクトルを算出し、当該周波数スペクトルのピーク成分の周波数値に基づき、当該受信信号の伝送速度を推定する。

【0026】また前記受信信号は復調処理回路 12 に入力される。当該復調処理回路 12 において LPF 部 20 は、前記伝送路推定回路 11 より推定された受信信号の伝送速度に基づいて、所望の濾波周波数帯域を決定し当該受信信号のフィルタリング処理を行う。BTR 部 21 は、前記推定伝送速度に基づいて、LPF 部 20 によって濾波処理された受信信号からシンボルタイミングを抽出し、当該シンボルタイミングに同期した受信信号データを入力する。

【0027】次に、変調方式識別回路 10 は、前記受信信号データを入力し前記受信信号の変調方式を識別する。図 3 は、変調方式識別回路 10 の構成図である。図 3 において、30 は受信信号の信号位相 θ を算出する位相算出部、31 は位相 θ の所定シンボル間の差分量 $\Delta\theta$ を算出する位相差分部、32 は位相差分量 $\Delta\theta$ を直交座標で表された直交信号に変換する直交座標変換部、33 は各変調方式に関する尤度 p_k を算出する尤度計算部、34 は尤度 p_k を所定シンボル間に渡って累積加算する累積加算部、35 は尤度 p_k の累積加算結果に基づき変調方式の識別を行う識別判定部である。

【0028】以下で、当該変調方式識別回路 10 の動作を図面に従って説明する。図 4 は、受信信号の各変調方式（BPSK、QPSK、 $\pi/4$ シフト QPSK、8PSK、MSK）の理想的な信号点のコンスタレーション

を、直交座標系 (I-Q 平面) で示した説明図である。復調部 4 に入力される受信信号は、図 4 に示す何れかの変調方式 (BPSK、QPSK、 $\pi/4$ シフトQPSK、8PSK、MSK) で変調処理されており、変調方式識別回路 10 は当該受信信号に基づいて変調方式の識別処理を行う。

【0029】まず、時刻 nT_s 。 (T_s : シンボル周期、*

$$\theta(n) = \tan^{-1}(\text{Sr}_q(n)/\text{Sr}_i(n)) \quad \cdots \text{式 2}$$

ただし、 $-180^\circ \leq \theta(n) < 180^\circ$

【0030】次に位相差分 31 は、前記位相 $\theta(n)$ に含まれるキャリア位相成分や周波数偏差による影響を低減するため、下記式 3 に示す通り、時刻 nT_s における位相 $\theta(n)$ と、時刻 $(n-1)T_s$ における位相 $\theta(n-1)$ との差分を算出し、位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を算出する。

$$\Delta\theta(n) = \theta(n) - \theta(n-1) \quad \cdots \text{式 3}$$

$$\text{SND}(n) = \text{SND}_i(n) + j \text{SND}_q(n) \quad \cdots \text{式 4-1}$$

$$\text{SND}_i(n) = \cos(\Delta\theta(n)) \quad \cdots \text{式 4-2}$$

$$\text{SND}_q(n) = \sin(\Delta\theta(n)) \quad \cdots \text{式 4-3}$$

【0032】尤度計算部 33 には、図 6 に示す通り、各変調方式の各信号点について、変調方式の「もともとし」を表す尤度を計算するための尤度計算用信号値 W_{ki} (k は変調方式を特定するための番号、 i は信号点を特定するための番号) が予め保存されている。前記直★

$$\rho_{ki}(n) = \text{SND}_i(n) \cdot W_{kiI} + \text{SND}_q(n) \cdot W_{kiQ} \quad \cdots \text{式 5}$$

【0033】さらに尤度計算部 33 は、各変調方式について複数の信号点で算出された内積値 $\rho_{ki}(n)$ のうちで最大のものを選択し、これを当該変調方式に関する尤度 $\rho_k(n)$ とする。即ち、各変調方式の尤度 $\rho_k(n)$ は下記式 6 で与えられる。

$$\rho_k(n) = \max_i(\rho_{ki}(n)) \quad \cdots \text{式 6}$$

【0034】図 7 は、尤度計算用信号値 W_{ii} ($i = 0, 1$) に関する尤度計算の具体例を示した説明図である。図 7 の例では、直交座標変換部 32 から出力された直交信号 $\text{SND}(n) \approx (0.34, 0.94)$ と、 $i = 0$ に対応した尤度計算用信号値 $W_{i0} = (1, 0)$ 、及び $i = 1$ に対応した尤度計算用信号値 $W_{i1} = (-1, 0)$ との間で、上記式 5 及び式 6 に示す尤度計算処理を行い、当該変調方式に関する尤度 $\rho_1(n) = 0.34$ を出力する。

【0035】累積加算部 34 は、尤度計算部 33 から出☆

$$D_1 = \alpha_1 < \rho_1 > - \beta_1 < \rho_2 > \quad \cdots \text{式 8-1}$$

$$D_2 = \alpha_2 < \rho_3 > - \beta_2 < \rho_4 > \quad \cdots \text{式 8-2}$$

$$D_3 = \alpha_3 < \rho_4 > - \beta_3 < \rho_5 > \quad \cdots \text{式 8-3}$$

$$D_4 = \alpha_4 < \rho_5 > - \beta_4 \max[\langle \rho_3 \rangle, \langle \rho_4 \rangle] \quad \cdots \text{式 8-4}$$

$$D_5 = \alpha_5 < \rho_2 > - \beta_5 < \rho_1 > \quad \cdots \text{式 8-5}$$

ただし、 α_j, β_j ($j = 1, 2, \dots, 5$) は、判定値 $D_1 \sim D_5$ 算出のため予め定められた重み係数である。

【0037】ここで、上記重み係数を $\alpha_j = \beta_j = 1$

($j = 1, 5$) 及び $\alpha_j = \beta_j = 2$ ($j = 2 \sim 4$) と

* n : 任意の整数) において、前記 BTR 部 21 から出力された受信信号データ $\text{Sr}(n)$
 $\text{Sr}(n) (= \text{Sr}_i(n) + j \text{Sr}_q(n)) \quad \cdots \text{式 1}$
 が当該変調方式識別回路 10 に入力される。位相算出部 30 は、下記式 2 に従い受信信号データ $\text{Sr}(n)$ から位相 $\theta(n)$ を算出する。

※ここで、位相差分 31 から出力された位相差分量 $\Delta\theta(n)$ の直交座標系上のコンスタレーションは図 5 に示す通りとなり、各変調方式でそれぞれ異なるコンスタレーションとなる。

【0031】直交座標変換部 32 は、前記位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を入力し、下記式 4-1 ~ 4-3 に従って、直交座標系のデータ $|\text{SND}_i, \text{SND}_q|$ からなる直交信号 $\text{SND}(n)$ を出力する。

20 ★ 交座標変換部 32 から直交信号 $\text{SND}(n)$ が出力されると、尤度計算部 33 は下記式 5 に従って、当該直交信号 $\text{SND}(n)$ と各変調方式の各信号点に関する尤度計算用信号値 W_{ki} との内積値 $\rho_{ki}(n)$ を算出する。

★ 力された各変調方式に関する尤度 $\rho_k(n)$ ($k = 1, 2, \dots, 5$) を、変調方式識別処理のために予め定められた所定の観測シンボル数 N だけ各々累積加算し、尤度の累積加算値 $\langle \rho_k \rangle$ ($k = 1, 2, \dots, 5$) を算出する。すなわち、尤度の累積加算値 $\langle \rho_k \rangle$ は下記式 7 で算出される。

【数 1】

$$\langle \rho_k \rangle = \sum_{n=0}^{N-1} \rho_k(n) \quad \cdots \text{式 7}$$

【0036】次に識別判定部 35 は、累積加算部 33 から出力された各変調方式の尤度の累積加算値 $\langle \rho_k \rangle$ ($k = 1, 2, \dots, 5$) に基づき、下記式 8-1 ~ 8-5 に従って、変調方式を特定するための判定値 $D_1 \sim D_5$ を算出する。

し、受信信号の SN 比が無限大で受信信号のデータ系列がランダムであると仮定して、前記観測シンボル数を N とした場合に、上記式 8-1 ~ 8-5 に基づいて算出された判定値 $D_1 \sim D_5$ は、各変調方式について図 8 に

示された値をとる。すなわち、受信信号の変調方式がBPSKの場合は判定値 D_1 が最大となり、以下、QPSKの場合は判定値 D_2 が最大、 $\pi/4$ シフトQPSKの場合は判定値 D_3 が最大、8PSKの場合は判定値 D_4 が最大、MSKの場合は判定値 D_5 が最大となる。識別判定部35は、算出された各判定値 $D_1 \sim D_5$ のうち最大のものを特定し、当該特定された判定値に対応する変調方式を識別結果として出力する。

【0038】図9は、本実施の形態1の変調方式識別回路10の計算機シミュレーションによる各変調方式の識別率の評価結果を示した特性図である。図9において、

(a)はフージング通信路における変調方式の識別率の評価結果、(b)はガウス通信路における識別率の評価結果を示す(観測サンプル数 $N=300$ シンボル)。図9より明らかであるとおり、受信信号の1シンボル当りのSN比(E_s/N_0)が、フージング通信路で14dB以上、ガウス通信路で9dB以上であれば、各変調方式とも高い識別率が得られている。

【0039】次にAFC部22は、変調方式識別回路10の識別結果に対応した復調方式に基づいて、前記受信信号データ $S_R(n)$ の周波数偏差の推定し、当該周波数偏差の補償処理を行う。またCR部23は、周波数偏差補償後の受信信号データを入力し、変調方式識別回路10の識別結果に対応した復調方式に基づいて当該受信信号データの搬送波信号を再生する。さらに判定部24は、前記再生搬送波信号に基づいて、変調方式識別回路10の識別結果に対応した復調方式に従い、前記受信信号データのデータ判定処理し復調データを生成する。以上が無線局Aの復調部4における受信信号処理の説明である。

【0040】無線局Aの伝送路推定部5は、前記受信部3から出力された受信信号に基づいて、信号電力対雑音電力比(SN)やフージングの変動速度、伝送路応答特性等(以下、伝送路パラメータと呼ぶ)を検出し、伝送路状況を推定する。

【0041】変調方式制御部6は、伝送路推定部5で推定された伝送路状況に応じて無線局Bにおける伝送品質が最悪となるように変調方式の選択・制御を行う。例えば、当該変調方式制御部6には、無線局A-B間で使用する複数の変調方式(例えば、BPSK、QPSK、 $\pi/4$ シフトQPSK、8PSK、MSKの5種類)にそれぞれに適した伝送路状況を規定するための、伝送路パラメータに関する複数の閾値が予め記憶されており、前記伝送路推定部5で検出された実際の伝送路パラメータと、当該複数の閾値とを比較することにより、無線局A-B間の伝送路状況に適した変調方式を選択する。

【0042】次に変調部1は、前記変調方式制御部6で選択された変調方式を用いて送信データを変調処理し、送信部2は変調部1から出力された変調信号を所定の増幅率で増幅処理し、無線周波数に周波数変換して無線信号を生成し、無線局Bに対して送信する。

【0043】一方、無線局Bは前記、上述した無線局Aにおける受信信号処理と同様に、受信部3において無線局Aより送信された無線信号の受信・増幅処理を行い、復調部4において当該無線信号の変調方式識別処理及び復調処理を行って復調データを得る。また、伝送路推定部5において前記受信信号に基づき伝送路状況の推定を行い、変調方式制御部6において推定された伝送路状況に基づき適切な変調方式を選択し、変調部1で当該変調方式に従い送信データを変調処理して、送信部2において変調信号を無線信号に変換して端末局Aに対して送信する。

【0044】以上のように、本実施の形態1の変調方式識別回路では、各変調方式の各信号点それぞれに関する尤度計算用信号値 W_{ki} を予め記憶しておき、当該尤度計算用信号値 W_{ki} と、受信信号を変換して得られた直交信号 $S_{nd}(n)$ との内積値に基づいて各変調方式に関する尤度 $\rho_k(n)$ をそれぞれ算出し、当該尤度 $\rho_k(n)$ に基づいて、例えば上記式8-1~8-5に示すような方法により、受信信号が変調処理された一の変調方式に対応する判定値のみが最大となるような判定値 $D_1 \sim D_5$ を導出して、未知の変調方式の識別を行うような構成としたため、変調方式識別のために伝送路状況に応じた受信信号の特徴量のプロトタイプを受信無線局に予め準備する必要がなく、想定された伝送路状況が実際の無線局間の伝送路状況と相違している場合であっても、未知の変調方式を高精度で識別することができる。

【0045】また、復調部に変調方式識別回路を備える構成としたことにより、変調方式が未知の受信信号を入力した場合であっても、当該受信信号に基づいて変調方式を自動的に識別し、適切な方法で復調処理することができる。

【0046】さらに、通信システムを構成する各無線局において、復調部に変調方式識別回路を備える構成としたことにより、通信システム内の変調方式が伝送路状況に応じて適応的に切替えられる場合であっても、変調方式識別のための特定の制御情報を無線信号内に挿入する必要がなく、伝送効率の向上を図ることができる。

【0047】なお、上記実施の形態1において尤度計算部33は、受信信号を変換した直交信号 $S_{nd}(n)$ と各変調方式の各信号点に関する尤度計算用信号値 W_{ki} との内積値 $\rho_{ki}(n)$ を算出しその最大値を尤度 $\rho_k(n)$ としたが、尤度 $\rho_k(n)$ の計算方法はこれに限定されるものではなく、例えば、受信信号の信号点と予め記憶された各変調方式の理想的な信号点(図5参照)との信号点間距離に基づいて尤度 $\rho_k(n)$ を算出するような構成であってもよい。

【0048】実施の形態2。上記実施の形態1の変調方式識別回路では、位相算出部30において受信信号データの位相 $\theta(n)$ を算出し、位相差分部31により当該位相の差分量 $\Delta\theta(n)$ を算出したが、本実施の形態2で

11

は、前記受信信号データを遅延検波処理した後に、位相算出処理を行って受信信号データの位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を算出する。なお、本実施の形態2は上記実施の形態1とは、変調方式識別回路における位相差分量 $\Delta\theta(n)$ の算出処理が異なるものであり、その他の構成は同様であるため、同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

【0049】図10は、本実施の形態2の変調方式識別回路10の構成図である。図10において、40は前記BTR部21から出力された受信信号データを遅延検波処理する遅延検波部である。

【0050】次に本実施の形態2の変調方式識別回路10の動作について説明する。まず、前記BTR部21から出力された時刻 nT_s における受信信号データ S

$$\Delta\theta(n) = \tan^{-1}(S_{DQ}(n)/S_{DI}(n)) \quad \text{・・式10}$$

ただし、 $-180^\circ \leq \Delta\theta(n) < 180^\circ$

【0052】直交座標変換部32は、前記位相算出部30から出力された位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を座標変換処理して直交信号 $S_{ND}(n)$ を出力する。

【0053】以上のように、本実施の形態2の変調方式識別回路では、上記実施の形態1と同様に変調方式識別のために伝送路状況に応じた受信信号の特徴量のプロトタイプを受信無線局に予め準備する必要がなく、想定された伝送路状況が実際と相違している場合であっても、受信信号の未知の変調方式を高精度で識別することができる。

【0054】実施の形態3、上記実施の形態2の変調方式識別回路では、遅延検波部40において受信信号データを遅延検波処理し、位相算出部30において遅延検波処理済信号の位相を検出して差分量 $\Delta\theta(n)$ を算出し、直交座標変換部32で位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を座標変換処理して直交信号 $S_{ND}(n)$ を生成したが、本実施の形態3では、前記遅延検波処理済信号を所定の振幅レベルに※

$$S_{ND}(n) = S_{DQ}(n) / (S_{DI}^2(n) + S_{DQ}^2(n))^{1/2} \quad \text{・・式11}$$

【0057】尤度計算部33は、前記振幅制御部41から出力された振幅レベルが一定値の直交信号 $S_{ND}(n)$ に基づいて尤度 $\rho_k(n)$ の算出処理を行う。

【0058】以上のように、本実施の形態3の変調方式識別回路では、上記実施の形態1と同様に変調方式識別のために伝送路状況に応じた受信信号の特徴量のプロトタイプを受信無線局に予め準備する必要がなく、想定された伝送路状況が実際と相違している場合であっても、受信信号の未知の変調方式を高精度で識別することができる。

$$S_N(n) = S_R(n) / (S_{RI}^2(n) + S_{RQ}^2(n))^{1/2} \quad \text{・・式12}$$

その後、当該振幅制御後の受信信号データ $S_N(n)$ を、遅延検波処理部40にて遅延検波処理して直交信号 $S_{ND}(n)$ を得るような構成であっても、上記実施の形態3と同様の効果を得ることは当然可能である。

【0060】

12

* $R(n) (= S_{RI}(n) + j S_{RQ}(n))$ は遅延検波部40に入力される。遅延検波部40には前記受信信号データの1シンボル遅延データ $S_{R}(n-1)$ が保存されている。遅延検波部40は、下記式9に従い、前記受信信号データ $S_R(n)$ と、前記遅延データの複素共役値 $S_R^*(n-1)$ （以下、*は複素共役値を表す）とを複素乗算処理し、遅延検波処理済信号 $S_{DQ}(n) (= S_{DI}(n) + j S_{DQ}(n))$ を算出する。

$$S_{DQ}(n) = S_R(n) \times S_R^*(n-1) \quad \text{・・式9}$$

ただし、 \times は複素乗算処理を表すものとする。

【0051】位相算出部30は、下記式10に従い、前記遅延検波部40から出力された遅延検波処理済信号 $S_{DQ}(n)$ から位相差分量 $\Delta\theta(n)$ を算出する。

※調整制御することにより直交信号 $S_{ND}(n)$ を得る。なお、本実施の形態3は上記実施の形態2とは、変調方式識別回路における直交信号 $S_{ND}(n)$ の生成処理が異なるものであり、その他の構成は同様であるため、同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

【0055】図11は、本実施の形態3の変調方式識別回路10の構成図である。図11において、41は前記遅延検波部40から出力された遅延検波処理済信号の振幅を制御する振幅制御部である。

【0056】次に、変調方式識別回路10の動作について説明する。まず、BTR部21から出力された受信信号データ $S_R(n) (= S_{RI}(n) + j S_{RQ}(n))$ は、遅延検波部40によって上記式9に従い遅延検波処理され、遅延検波処理済信号 $S_{DQ}(n) (= S_{DI}(n) + j S_{DQ}(n))$ が算出される。振幅制御部41は、遅延検波処理済信号 $S_{DQ}(n)$ を下記式11に従って演算処理し、振幅レベルが一定である直交信号 $S_{ND}(n)$ を算出する。

★【0059】なお上記実施の形態3では、BTR部21から出力された受信信号データ $S_R(n)$ を遅延検波部40において遅延検波処理した後に、振幅制御部41において遅延検波処理済信号 $S_{DQ}(n)$ の所定の振幅レベルに調整制御することにより直交信号 $S_{ND}(n)$ を得たが、変調方式識別回路10はこのような構成に限定されるものではない。例えば図12に示す通り、上記受信信号データ $S_R(n)$ を振幅制御部41に入力し、下記式12に従って振幅レベルが一定の受信信号データ $S_N(n)$ に振幅制御処理する。

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、未知の変調方式で変調処理された受信信号を入力し、当該受信信号を直交座標上に座標変換処理した直交信号と、想定される複数の変調方式各々のコンステレーションに基づいて各変調方式の尤度を算出し、当該尤度に基づいて

前記受信信号の変調方式を識別するような構成としたことにより、無線局間の伝送路状況が未知であっても高精度に変調方式を識別することができる、といった効果を奏する。

【0061】また、次の発明によれば、前記直交信号と、複数の変調方式各々のコンスタレーションに基づいて予め決定された各信号点々々に関する尤度計算用信号値とに基づいて、所定の方法により各変調方式の尤度をそれぞれ算出する構成としたことにより、受信側の無線局に複数の伝送路状況に応じた受信信号の特徴量のプロトタイプを予め保存しておく必要がなく、伝送路状況によらず高精度な変調方式識別回路を得ることができる、といった効果を奏する。

【0062】また、次の発明によれば、復調方式各々の各信号点と前記直交信号との信号点間距離を算出して各変調方式の尤度を算出するような構成としたことにより、受信側の無線局に複数の伝送路状況に応じた受信信号の特徴量のプロトタイプを予め保存しておく必要がなく、伝送路状況によらず高精度な変調方式識別回路を得ることができる、といった効果を奏する。

【0063】また、次の発明によれば、前記各変調方式の尤度に基づき、受信信号の変調方式に対応するものが最大となる複数の判定値を所定の方法により算出し、最大の判定値に対応する変調方式を識別結果として出力する構成としたことにより、簡易な演算処理により高精度な変調方式識別回路を得ることができる、といった効果を奏する。

【0064】また、次の発明によれば、前記尤度を所定の観測シンボル数に亘って累積加算するような構成としたことにより、受信信号の瞬時変動による影響を低減させて高精度な変調方式識別回路を得ることができる、といった効果を奏する。

【0065】また、次の発明によれば、受信装置に上記変調方式識別回路と復調器とを備える構成としたことにより、未知の変調方式で変調処理された受信信号が入力された場合であっても、当該変調方式を自動的に識別し、適切な方法で復調処理することができる、といった効果を奏する。

【0066】また、次の発明によれば、通信システムを構成する各無線局において、受信信号から推定される伝送路状況に応じて適切な変調方式を選択して送信データを変調処理する送信装置と、上記変調方式識別回路を備えた受信装置とを備える構成としたことにより、通信システム内の変調方式が伝送路状況に応じて適応的に切替えられる場合であっても、変調方式識別のための特定の制御情報を無線信号内に挿入する必要がなく、伝送効率の向上を図ることができる、といった効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1の無線局及び通信システムの構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態1の復調部の構成図である。

【図3】 本発明の実施の形態1の変調方式識別回路の構成図である。

【図4】 本発明の実施の形態1における受信信号の変調方式のコンスタレーションを表した説明図である。

【図5】 本発明の実施の形態1における位相差分量のコンスタレーションを表した説明図である。

【図6】 本発明の実施の形態1における尤度計算用信号値の例を示した説明図である。

【図7】 本発明の実施の形態1における尤度計算処理の具体例を示した説明図である。

【図8】 本発明の実施の形態1における判定値算出結果を示した説明図である。

【図9】 本発明の実施の形態1の変調方式識別回路による各変調方式の識別率の評価結果を示した特性図である。

【図10】 本発明の実施の形態2の変調方式識別回路の構成図である。

【図11】 本発明の実施の形態3の変調方式識別回路の構成図である。

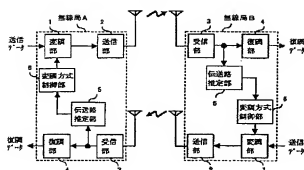
【図12】 本発明の実施の形態3の他の変調方式識別回路の構成図である。

【図13】 従来の変調信号自動識別技術で用いられる受信信号の特徴量のプロトタイプの例を表した模式図である。

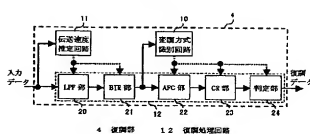
【符号の説明】

- 1 変調部
- 2 送信部
- 3 受信部
- 4 復調部
- 5 伝送路推定部
- 6 変調方式制御部
- 10 変調方式識別回路
- 11 伝送速度推定回路
- 12 復調処理回路
- 20 L F F 部
- 21 B T R 部
- 22 A C F 部
- 23 C R 部
- 24 判定部
- 30 位相算出部
- 31 位相差分部
- 32 直交座標変換部
- 33 尤度計算部
- 34 累積加算部
- 35 識別判定部
- 40 遅延検波部
- 41 振幅制御部

【図1】



【図2】



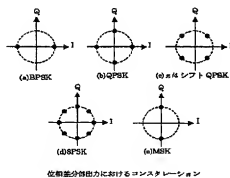
【図4】



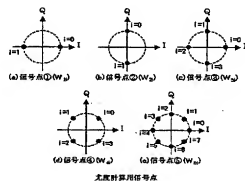
【図3】



【図5】

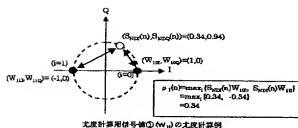


【図6】



角度計算用信号点 $W_{k,1}$	
角度計算用信号点	$W_{k,1} = (W_{k,1,1}, W_{k,1,2})$
① ($k=1$)	$W_{1,1} = (1, 0), W_{1,2} = (-1, 0)$
② ($k=2$)	$W_{2,1} = (0, 1), W_{2,2} = (0, -1)$
③ ($k=3$)	$W_{3,1} = (1, 0), W_{3,2} = (0, 1)$
④ ($k=4$)	$W_{4,1} = (-1, 0), W_{4,2} = (0, -1)$
⑤ ($k=5$)	$W_{5,1} = (2^{-1/2}, 2^{-1/2}), W_{5,2} = (-2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{5,3} = (-2^{-1/2}, -2^{-1/2}), W_{5,4} = (2^{-1/2}, -2^{-1/2})$
	$W_{5,5} = (1, 0), W_{5,6} = (2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{5,7} = (0, 1), W_{5,8} = (-2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{5,9} = (-1, 0), W_{5,10} = (-2^{-1/2}, -2^{-1/2})$ $W_{5,11} = (0, -1), W_{5,12} = (2^{-1/2}, -2^{-1/2})$

【図 7】

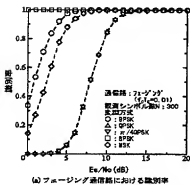
尤度計算用信号値 (W_{ij}) の尤度計算例

【図 8】

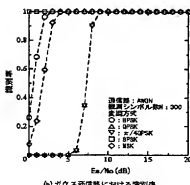
受信信号としての変調方式と受信した信号の判定値

判定式	BPSK	QPSK	$\pi/4$ QPSK	8PSK	16PSK
D_1	N	O	O	O	-N
D_2	-O, 6N	O, 6N	-O, 6N	O	-O, 6N
D_3	-O, 6N	-O, 6N	O, 6N	O	-O, 6N
D_4	O	O	O	O, 6N	O
D_5	-N	O	O	O	N

【図 9】

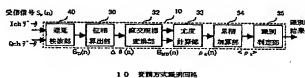


(a) フレーミング誤り率に対する検出率



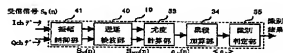
(b) ガウス過程誤り率に対する検出率

【図 10】



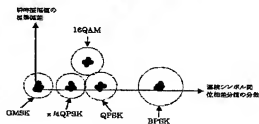
10 変調方式識別回路

【図 12】



10 変調方式識別回路

【図 13】



各変調方式のプロトタイプ

【図 11】



10 変調方式識別回路

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーム (参考)

H 0 4 L 27/38

H 0 4 L 27/14

B

27/22

Z

Fターム (参考) 5K004 AA01 AA04 AA05 AA08 BA02

BB02 BD02 EA04 ED02 EH00

FD02 FH00 JD02 JH00

5K011 BA06 DA15 JA01

5K014 AA01 AA02 FA11 GA01 HA06